

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR05/000597

International filing date: 11 March 2005 (11.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR  
Number: 0403052  
Filing date: 25 March 2004 (25.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 13 June 2005 (13.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



26 bis, rue de Saint Pétersbourg - 75800 Paris Cedex 08

Pour vous informer : INPI DIRECT

INPI Direct 0 825 83 85 87

0,15 € TTC/mn

Télécopie : 33 (0)1 53 04 52 65

Réservé à l'INPI

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*04

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 @ W / 191203

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>25 MARS 2004</b> LIEU <b>44 INPI NANTES</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0403052</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI <b>25 MARS 2004</b>		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> Xavier MEYNIAL 37 rue Fernand Gasnier 44600 St Nazaire	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet <input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale <input type="checkbox"/>		N° <input type="text"/> Date <input type="text"/>	
ou demande de certificat d'utilité initiale <input type="checkbox"/>		N° <input type="text"/> Date <input type="text"/>	
Transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/>		N° <input type="text"/> Date <input type="text"/>	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> DISPOSITIF DE SONORISATION À CONTRÔLE DE RAYONNEMENT GEOMETRIQUE ET ELECTRONIQUE			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation <input type="text"/> N° <input type="text"/> Date <input type="text"/> Pays ou organisation <input type="text"/> N° <input type="text"/> Date <input type="text"/> Pays ou organisation <input type="text"/> N° <input type="text"/> Date <input type="text"/> <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input type="checkbox"/> Personne morale <input checked="" type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale Prénoms Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF		Monsieur MEYNIAL Xavier Jacques Marie <input type="text"/> <input type="text"/>	
Domicile ou siège Rue Code postal et ville Pays		37 rue Fernand Gasnier 44600 St Nazaire français	
Nationalité N° de téléphone (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		02 40 19 18 60 N° de télécopie (facultatif) xavier.meynial@activeaudio.fr <input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

BR2

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE

25 MARS 2004

LIEU

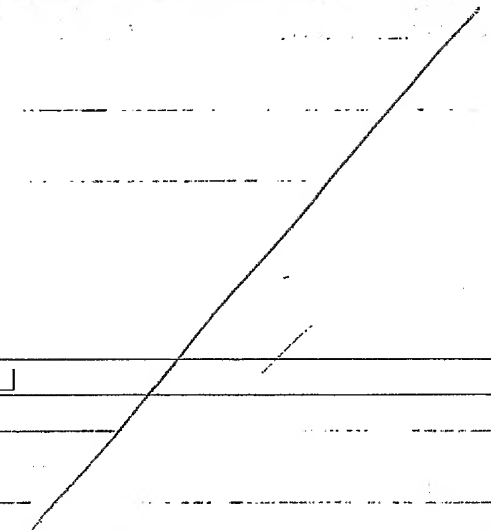

44 INPI NANTES

N° D'ENREGISTREMENT

0403052

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 191203

<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b> Nom Prénom Cabinet ou Société  Nationalité N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel  Adresse Rue Code postal et ville Pays N° de téléphone (facultatif) N° de télécopie (facultatif) Adresse électronique (facultatif)		
<b>7 INVENTEUR (S)</b> Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques <input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation) <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Choix à faire obligatoirement au dépôt (cf. Notice explicative Rubrique 8)
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences
Le support électronique de données est joint La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b>  Xavier MEYNIAL, Déposant et inventeur		VISA DE LA PRÉFECTURE 

## **Dispositif de sonorisation à contrôle de rayonnement géométrique et électronique**

### **1- Indication du domaine**

- 5 Le dispositif objet de la présente invention concerne la sonorisation des locaux acoustiquement réverbérants. Pour obtenir une bonne clarté du son et une bonne intelligibilité de la voix dans de tels locaux, les enceintes acoustiques doivent rayonner de façon directive vers les auditeurs, afin que le son direct perçu par ceux-ci (son de propagation directement de l'enceinte aux auditeurs) soit d'énergie importante en regard de celle du son lui parvenant après réverbération par les parois du
- 10 local. Le dispositif de sonorisation doit de plus assurer une couverture sonore la plus homogène possible de la zone à sonoriser. Les auditeurs étant en général situés sur un plan horizontal de surface importante, on est amené à considérer une enceinte de type colonne, dont la directivité est marquée dans le plan vertical, et peu marquée dans le plan horizontal.

### **2- Etat de la technique**

- 15 La figure 1 décrit une configuration typique. L'enceinte (11) doit produire un niveau sonore le plus homogène possible sur toute une zone (12) où se situe l'auditoire, et ceci sur une bande de fréquence la plus large possible. Elle doit de plus comme nous l'avons vu minimiser l'énergie sonore rayonnée ailleurs que vers l'auditoire, afin de minimiser l'énergie réverbérée par le local et
- 20 parvenant aux auditeurs.

Deux types d'approches ont été développées pour atteindre cet objectif : les réseaux contrôlés géométriquement, et les réseaux contrôlés électroniquement.

#### **2.1- Le réseau contrôlé géométriquement**

- 25 Connaissant l'objectif de couverture sonore, on peut déduire la forme du front d'onde acoustique que l'enceinte doit rayonner. Les brevets FR 2626886 et dérivés décrivent un dispositif permettant de générer un front d'ondes proche de cet objectif. Le principe fait appel à un guide d'ondes cylindriques excité à l'une de ses extrémités par un haut-parleur, et rayonnant à l'autre extrémité par une ouverture rectangulaire allongée. La forme du guide d'ondes est telle que le champ
- 30 acoustique rayonné s'apparente à celui rayonné par un piston rectangulaire de forme allongée. En superposant plusieurs de ces guides d'ondes, et en les inclinant les uns par rapport aux autres, on peut approcher la forme du front d'ondes voulu, et donc approcher l'objectif de couverture sonore recherché. La figure 2 illustre ce principe avec une superposition de huit guides d'ondes (22) tels que celui décrit dans le brevet FR 2626886, associés à huit haut-parleurs (21), générant un front
- 35 d'ondes (23). Les brevets FR 2813986 et associés décrivent un autre guide d'onde permettant d'atteindre le même objectif.

Mais ce principe de synthèse géométrique du front d'ondes conduit inévitablement à une forme d'enceinte incurvée. Il est donc difficilement applicable si l'enceinte est destinée à être montée verticalement, par exemple en applique sur un mur ou un pilier.

## 5    2.2- Le réseau contrôlé électroniquement

Pour générer le front d'ondes recherché, on peut aussi faire appel à un réseau de haut-parleurs traditionnels, et aux techniques de filtrage classiques issues des radars. La figure 3 illustre le principe d'utilisation de retards (31), notés  $R_n$  sur la figure, associés à des haut-parleurs (34) via des filtres (32) et amplificateurs de puissance (33) pour approcher le front d'ondes (35) voulu. Ainsi  
10 par exemple, un réseau rectiligne et régulier de haut-parleurs espacés d'une distance notée  $a$  génère un front d'onde orienté suivant la direction  $\theta$  lorsque l'on choisit  $R_n = (n-1).a.\sin(\varphi)$  pour  $n \geq 1$ ,  $n$  étant l'indice du haut-parleur, et  $R_1$  étant quelconque. L'utilisation adéquate des filtres (32) permet de minimiser les variations fréquentielles de la structure du champ acoustique rayonné. Le brevet WO 03034780 décrit un dispositif de ce type. Malheureusement, le fait d'utiliser un nombre limité  
15 de haut-parleurs (un réseau discret, et non pas continu) induit des lobes secondaires d'amplitude importante, qui dégradent la qualité acoustique. Ces lobes secondaires sont d'amplitudes d'autant plus importantes que la direction du lobe principal s'écarte de la normale au réseau.

Les brevets EP0791279 et associés présentent un dispositif de ce type, et revendiquent un principe de positionnement des haut-parleurs, qui sont espacés régulièrement sur une partie de l'enceinte,  
20 puis espacés logarithmiquement. Ce principe permet de limiter le nombre de haut-parleurs nécessaires, mais conduit à une répartition des puissances inégale sur tous les haut-parleurs, et donc à un niveau sonore rayonné maximal moins important que si la puissance était également répartie sur tous les haut-parleurs comme c'est le cas dans les réseaux géométriques.

Le réseau piloté électroniquement présente l'avantage de pouvoir contrôler dans une certaine  
25 mesure la structure du champ rayonné sans altération mécanique du dispositif, en jouant simplement sur les paramètres de filtrage. Par contre, il présente l'inconvénient de générer des lobes secondaires de forte amplitude à haute fréquence, c'est à dire lorsque la longueur d'onde est inférieure ou égale à la distance séparant les haut-parleurs (critère d'échantillonnage spatial).

La technique dite WFS (« Wave Field Synthesis ») met en œuvre elle aussi un réseau de haut-  
30 parleurs contrôlé électroniquement par des retards, filtres, et amplificateurs de puissance. Par application du principe de Huygens, un réglage adéquat des retards et filtres permet de générer un front d'ondes correspondant à une source virtuelle située à un endroit donné de l'espace. On parle alors de « spatialisation ». Par extension, cette technique a été utilisée pour l'enregistrement et la reproduction sonore, ainsi qu'en acoustique des salles pour simuler dans une salle ou en plein air  
35 l'acoustique d'une autre salle (voir par exemple les brevets EP0335468, US5452360 et associés). Des réseaux courbes de haut-parleurs ont été mis en œuvre dans le cadre de la WFS (voir l'article de Evert W. Start "Application of Curved Arrays in Wave Field Synthesis", preprint n°4143, 100<sup>ème</sup>

Convention de l'AES, 1996). Les brevets EP12099498 et associés décrivent une mise en œuvre de la WFS avec un type particulier de haut-parleurs.

Dans tous ces travaux, l'objectif est de pouvoir générer des fronts d'ondes de formes variées, et les orientations des axes d'émission des haut-parleurs sont perpendiculaires au réseau. Le contrôle du rayonnement du réseau se fait donc exclusivement grâce aux paramètres électroniques (retards et filtres essentiellement), et non en jouant sur les orientations des haut-parleurs comme c'est le cas pour les réseaux contrôlés géométriquement dont nous avons parlé.

Convention de l'AES, 1996). Les brevets EP12099498 et associés décrivent une mise en œuvre de la WFS avec un type particulier de haut-parleurs.

Dans tous ces travaux, l'objectif est de pouvoir générer des fronts d'ondes de formes variées, et les orientations des axes d'émission des haut-parleurs sont perpendiculaires au réseau. Le contrôle du rayonnement du réseau se fait donc exclusivement grâce aux paramètres électroniques (retards et filtres essentiellement), et non en jouant sur les orientations des haut-parleurs comme c'est le cas pour les réseaux contrôlés géométriquement dont nous avons parlé.

### 3- Exposé de l'invention

L'intérêt du dispositif objet de la présente invention est de combiner les avantages du réseau géométrique avec ceux du réseau piloté électroniquement : il permet un excellent contrôle du champ acoustique rayonné, minimisant les lobes secondaires, optimisant la puissance maximale émissible grâce à une répartition homogène sur tous les haut-parleurs, tout en ayant une forme rectiligne permettant une intégration aisée, par exemple en applique sur une paroi.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de sonorisation permettant une couverture sonore homogène sur une zone à sonoriser, comprenant un réseau de sources électroacoustiques, chaque source électroacoustique diffusant une version retardée par un retard, filtrée par un filtre, et amplifiée par un amplificateur du signal d'entrée du dispositif, caractérisé en ce que ledit réseau est essentiellement rectiligne et vertical, en ce que les angles  $\theta$  formés par les axes d'émission des sources électroacoustiques et la normale au réseau sont tels que  $\theta_n > \theta_{n-1}$ , où  $n$  est l'indice des sources électroacoustiques numérotées dans l'ordre croissant du haut vers le bas du dispositif, et en ce que les retards coopèrent avec les angles  $\theta$  de sorte que le dispositif génère un front d'ondes de la forme correspondant à la couverture sonore voulue de la zone à sonoriser.

Son principe, présenté sur la figure 4 en coupe longitudinale pour le cas de huit sources électroacoustiques, est inspiré des lentilles de Fresnel utilisées en optique. Un réseau de  $N$  sources électroacoustiques (1), est associé à des retards (3), filtres (4), et amplificateurs de puissance (5). Les sources électroacoustiques (1) sont alignées verticalement, et orientés de telle sorte que, combinées à un jeu de retards (3) choisis de façon adéquate, elles génèrent le front d'onde (6) de la forme voulue, correspondant à une couverture sonore recherchée sur une zone à sonoriser. Les filtres et retards peuvent bien sûr être permutés, et d'autres éléments (limiteurs par exemple) peuvent être insérés en amont des amplificateurs de puissance. Le signal d'entrée à diffuser est appliqué à tous les haut-parleurs via les retards (3), filtres (4), et amplificateurs (5).

L'originalité de la présente invention consiste donc à générer le front d'ondes voulu (6) en jouant à la fois sur un aspect géométrique grâce aux orientations et positionnements des sources

### 3- Exposé de l'invention

L'intérêt du dispositif objet de la présente invention est de combiner les avantages du réseau géométrique avec ceux du réseau piloté électroniquement : il permet un excellent contrôle du champ acoustique rayonné, minimisant les lobes secondaires, optimisant la puissance maximale émissile grâce à une répartition homogène sur tous les haut-parleurs, tout en ayant une forme rectiligne permettant une intégration aisée, par exemple en applique sur une paroi.

Son principe, présenté sur la figure 4 en coupe longitudinale pour le cas de huit sources électroacoustiques, est inspiré des lentilles de Fresnel utilisées en optique. Un réseau de N sources électroacoustiques (1), est associé à des retards (3), filtres (4), et amplificateurs de puissance (5).

- 10 Les sources électroacoustiques (1) sont alignées verticalement, et orientées de telle sorte que, combinées à un jeu de retards (3) choisis de façon adéquate, elles génèrent le front d'onde (6) de la forme voulue, correspondant à une couverture sonore recherchée sur une zone à sonoriser. Les filtres et retards peuvent bien sûr être permutés, et d'autres éléments (limiteurs par exemple) peuvent être insérés en amont des amplificateurs de puissance. Le signal d'entrée à diffuser est  
15 appliqué à tous les haut-parleurs via les retards (3), filtres (4), et amplificateurs (5).

L'originalité de la présente invention consiste donc à générer le front d'ondes voulu (6) en jouant à la fois sur un aspect géométrique grâce aux orientations et positionnements des sources électroacoustiques (1) du réseau, et sur un aspect électronique en compensant notamment par des retards (3) les décalages spatiaux entre les sources électroacoustiques (1).

- 20 Par référence à la figure 4, l'angle d'inclinaison  $\theta_n$  de la  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique est tel que la distance  $d_n$  séparant le centre de ladite source électroacoustique du point d'intersection entre l'axe d'émission de ladite source électroacoustique et le front d'onde voulu soit minimale, et ceci toutes les sources électroacoustiques.

- Les sources électroacoustiques (1) étant numérotées du haut vers le bas, le retard  $R_n$  associé à la  
25  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique doit alors valoir  $R_n = R_{n-1} + (d_n - d_{n-1})/c$  pour  $n = 2$  à  $N$ ,  $c$  étant la célérité du son (en m/s) et  $N$  le nombre de sources électroacoustiques ( $R_n$  en secondes,  $d_n$  en mètres). On pourra prendre  $R_1 = 0$  ou toute autre valeur. Selon ce principe, les valeurs des retards (3) peuvent encore s'exprimer en fonction des angles d'inclinaison  $\theta$  (en radians) des sources électroacoustiques (1) selon la formule  $R_n = (a_n/c) \cdot \sin((\theta_n + \theta_{n-1})/2)$  pour  $n = 2$  à  $N$ ,  $R_1$  étant  
30 quelconque, et  $a_n$  étant la distance (en mètres) séparant la  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique de la  $(n-1)^{\text{ième}}$ .

Dans la situation habituelle où le dispositif est placé au dessus de la zone à sonoriser, ce principe conduit à un jeu d'angles  $\theta$  tels que  $\theta_n > \theta_{n-1}$ .

- Ainsi, à une forme du front d'onde (6) et un type de source électroacoustique donné correspond un  
35 jeu d'angles  $\theta$  et de valeurs des retards (3). Toutefois, en attribuant aux retards (3) des valeurs légèrement différentes de celles résultant des formules données ci-dessus, et en jouant



électroacoustiques (1) du réseau, et sur un aspect électronique en compensant notamment par des retards (3) les décalages spatiaux entre les sources électroacoustiques (1).

Par référence à la figure 4, l'angle d'inclinaison  $\theta_n$  de la  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique est tel que la distance  $d_n$  séparant le centre de ladite source électroacoustique du point d'intersection entre l'axe d'émission de ladite source électroacoustique et le front d'onde voulu soit minimale, et ceci toutes les sources électroacoustiques.

Les sources électroacoustiques (1) étant numérotées du haut vers le bas, le retard  $R_n$  associé à la  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique doit alors valoir  $R_n = R_{n-1} + (d_n - d_{n-1})/c$  pour  $n = 2$  à  $N$ ,  $c$  étant la célérité du son (en m/s) et  $N$  le nombre de sources électroacoustiques ( $R_n$  en secondes,  $d_n$  en mètres). On pourra prendre  $R_1 = 0$  ou toute autre valeur.

Selon ce principe, les valeurs des retards (3) peuvent encore s'exprimer en fonction des angles d'inclinaison  $\theta$  (en radians) des sources électroacoustiques (1) selon la formule

$R_n = (a_n/c) \cdot \sin((\theta_n + \theta_{n-1})/2)$  pour  $n > 1$  ou en d'autres termes  $n = 2$  à  $N$ ,  $R_n$  étant le retard (en secondes) associé à la  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique,  $R_1$  étant quelconque,  $a_n$  étant la distance (en mètres) séparant le centre de la  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique du centre de la  $(n-1)^{\text{ième}}$ , et  $c$  étant à nouveau la célérité du son (en m/s).

Dans la situation habituelle où le dispositif est placé au dessus de la zone à sonoriser, ce principe conduit à un jeu d'angles  $\theta$  tels que  $\theta_n > \theta_{n-1}$ .

Ainsi, à une forme du front d'onde (6) et un type de source électroacoustique donné correspond un jeu d'angles  $\theta$  et de valeurs des retards (3). Toutefois, en attribuant aux retards (3) des valeurs légèrement différentes de celles résultant des formules données ci-dessus, et en jouant éventuellement sur les gains et réponses fréquentielles des filtres (4), il est possible de générer un front d'ondes différent de celui correspondant au jeu d'angles  $\theta$ . Ceci permet par exemple de corriger en partie l'effet d'un positionnement de la colonne à une hauteur différente de celle pour laquelle elle a été conçue (angles d'inclinaison  $\theta$ ), ou encore de corriger un niveau sonore inadéquat dans une certaine zone résultant d'un phénomène acoustique du local considéré.

Si les sources électroacoustiques ne sont pas toutes identiques, alors les filtres (4) seront aussi utilisés pour corriger les différences pouvant exister entre leurs caractéristiques de réponses fréquentielles et/ou temporelles.

Les filtres (4) et retards (3) peuvent être réalisés par un processeur numérique de signal (DSP) équipé d'un logiciel adéquat.

éventuellement sur les gains et réponses fréquentielles des filtres (4), il est possible de générer un front d'ondes différent de celui correspondant au jeu d'angles  $\theta$ . Ceci permet par exemple de corriger en partie l'effet d'un positionnement de la colonne à une hauteur différente de celle pour laquelle elle a été conçue (angles d'inclinaison  $\theta$ ), ou encore de corriger un niveau sonore

5 inadéquat dans une certaine zone résultant d'un phénomène acoustique du local considéré. Si les sources électroacoustiques ne sont pas toutes identiques, alors les filtres (4) seront aussi utilisés pour corriger les différences pouvant exister entre leurs caractéristiques de réponses fréquentielles et/ou temporelles.

Les filtres (4) et retards (3) peuvent être réalisés par un processeur numérique de signal (DSP)

10 équipé d'un logiciel adéquat.

La longueur du réseau est un paramètre important de l'invention, comme elle l'est pour tous les autres types de réseaux. Plus elle est grande, plus grande est la zone que le réseau permet de couvrir, et meilleure est l'homogénéité de la couverture aux basses fréquences.

Dans un premier mode de réalisation de l'invention, les sources électroacoustiques (1) sont des

15 haut-parleurs à rayonnement direct. Des performances optimales en termes de réjection des lobes secondaires sont obtenues lorsque chaque haut-parleur rayonne à la manière d'un piston rectangulaire aussi haut que le permet l'écart entre haut-parleurs. La figure 5 montre une vue de face du réseau de haut-parleurs (51) monté dans une enceinte (52), dont les faces rayonnantes sont de préférence essentiellement rectangulaires, éventuellement légèrement galbées dans le plan

20 vertical pour mieux épouser la forme du front d'ondes à restituer. La figure 6 montre un haut-parleur à membrane (61) essentiellement rectangulaire vu de face.

Dans un second mode de réalisation de l'invention, les sources électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs rayonnant au travers de guides d'ondes. Des performances optimales en termes de réjection des lobes secondaires sont obtenues lorsque les guides d'ondes rayonnent par une

25 ouverture rectangulaire comme le ferait un piston rectangulaire (par exemple ceux décrits dans les brevets FR 2626886 et FR 2813986 déjà mentionnés), et que leur hauteur est aussi grande que le permet l'écart entre guides d'onde.

Dans un troisième mode de réalisation de l'invention, les sources électroacoustiques (1) sont des groupes de haut-parleurs, tous les haut-parleurs d'un même groupe étant disposés côte-à-côte et

30 excités par le même signal électrique. En effet, pour des fréquences correspondant à des longueurs d'ondes inférieures à la distance entre haut-parleurs adjacents, le rayonnement d'un assemblage régulier de petits haut-parleurs en un groupe de haut-parleur est proche du rayonnement d'un piston de la taille de l'assemblage. La figure 7 donne deux exemples d'assemblage de haut-parleurs en groupe de haut-parleurs pour des haut-parleurs à membrane (71) rectangulaires et circulaires, vus

35 de face, côté membranes. La figure 8 illustre cette mise en œuvre de l'invention dans le cas de huit groupes de 4 haut-parleurs. Cette figure est identique à la figure 4, excepté les sources électroacoustiques (1) qui ont été remplacées par des groupes de haut-parleurs (81).

La longueur du réseau est un paramètre important de l'invention, comme elle l'est pour tous les autres types de réseaux. Plus elle est grande, plus grande est la zone que le réseau permet de couvrir, et meilleure est l'homogénéité de la couverture aux basses fréquences.

Dans un premier mode de réalisation de l'invention, les sources électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs à rayonnement direct. Des performances optimales en termes de réjection des lobes secondaires sont obtenues lorsque chaque haut-parleur rayonne à la manière d'un piston rectangulaire aussi haut que le permet l'écart entre haut-parleurs. La figure 5 montre une vue de face du réseau de haut-parleurs (51) monté dans une enceinte (52), dont les faces rayonnantes sont de préférence essentiellement rectangulaires, éventuellement légèrement galbées dans le plan vertical pour mieux épouser la forme du front d'ondes à restituer. La figure 6 montre un haut-parleur à membrane (61) essentiellement rectangulaire vu de face.

Dans un second mode de réalisation de l'invention, les sources électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs rayonnant au travers de guides d'ondes. Chaque guide d'ondes rayonne par un orifice essentiellement rectangulaire et tel que la vitesse acoustique particulière est à tout instant essentiellement la même en tout point de l'orifice de rayonnement. En effet, des performances optimales en termes de réjection des lobes secondaires sont obtenues lorsque les guides d'ondes rayonnent par une ouverture rectangulaire comme le ferait un piston rectangulaire (par exemple ceux décrits dans les brevets FR 2626886 et FR 2813986 déjà mentionnés), et que leur hauteur est aussi grande que le permet l'écart entre guides d'onde.

Dans un troisième mode de réalisation de l'invention, les sources électroacoustiques (1) sont des groupes de haut-parleurs, tous les haut-parleurs d'un même groupe étant disposés côte-à-côte et excités par le même signal électrique. Les haut-parleurs d'un même groupe sont voisins, situés dans un même plan, et assemblés de telle sorte que le groupe rayonne essentiellement comme le ferait un piston rectangulaire dans la bande de fréquence considérée. En effet, pour des fréquences correspondant à des longueurs d'ondes inférieures à la distance entre haut-parleurs adjacents, le rayonnement d'un assemblage régulier de petits haut-parleurs en un groupe de haut-parleur est proche du rayonnement d'un piston de la taille de l'assemblage. La figure 7 donne deux exemples d'assemblage de haut-parleurs en groupe de haut-parleurs pour des haut-parleurs à membrane (71) rectangulaires et circulaires, vus de face, côté membranes. La figure 8 illustre cette mise en œuvre de l'invention dans le cas de huit groupes de 4 haut-parleurs. Cette figure est identique à la figure 4, excepté les sources électroacoustiques (1) qui ont été remplacées par des groupes de haut-parleurs (81).

Les sources électroacoustiques (1) peuvent être montées sur une même enceinte (2). Les faces arrières des membranes des sources électroacoustiques (1) peuvent alors soit rayonner chacune dans un volume indépendant résultant d'un cloisonnement de l'enceinte (2), soit rayonner toutes dans le même volume. En effet, pour les fréquences situées au delà de la fréquence de résonance des haut-parleurs, ceux-ci sont essentiellement contrôlés par leur masse mobile, et non par la raideur du volume d'air qui les charge à l'arrière.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, chaque source électroacoustique (1) est montée sur une enceinte qui lui est propre, et les enceintes assemblées selon le principe de positionnement et d'orientation exposé ci-dessus à l'aide d'un dispositif mécanique. Ce mode de réalisation permet d'ajuster de façon optimale les orientations des sources électroacoustiques (1) pour un positionnement donné du dispositif et une couverture sonore voulue.

Les retards (3) et filtres (4) pourront être réalisés par un processeur numérique de signal (DSP) muni du logiciel adéquat.

Les retards (3), filtres (4) et amplificateurs (5) pourront être embarqués dans l'enceinte (2), ou rester à l'extérieur de l'enceinte.

## Revendications

1. Dispositif de sonorisation permettant une couverture sonore homogène sur une zone à sonoriser, comprenant un réseau de sources électroacoustiques (1), chaque source  
5 électroacoustique (1) diffusant une version retardée par un retard (3), filtrée par un filtre (4), et amplifiée par un amplificateur (5) du signal d'entrée du dispositif, caractérisé en ce que ledit réseau est essentiellement rectiligne et vertical, en ce que les angles  $\theta$  formés par les axes  
d'émission des sources électroacoustiques (1) et la normale au réseau sont tels que  $\theta_n > \theta_{n-1}$ , où  
n est l'indice des sources électroacoustiques (1) numérotées dans l'ordre croissant du haut vers  
10 le bas du dispositif, et en ce que les retards (3) coopèrent avec les angles  $\theta$  de sorte que le dispositif génère un front d'ondes (6) de la forme correspondant à la couverture sonore voulue de la zone à sonoriser.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les angles d'inclinaison  $\theta$  des sources  
électroacoustiques (1) sont choisis de telle sorte que pour chacune des sources  
15 électroacoustiques (1), la distance séparant le centre de ladite source électroacoustique du point d'intersection entre l'axe d'émission de ladite source électroacoustique et le front d'onde voulu soit minimale.
3. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les retards (3)  
valent essentiellement  $R_n = a_n \cdot \sin((\theta_n + \theta_{n-1})/2)$  pour  $n > 1$ ,  $R_n$  étant le retard (en secondes) associé  
20 à la  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique,  $R_1$  étant quelconque,  $a_n$  étant la distance (en mètres) séparant le centre de la  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique du centre de la  $(n-1)^{\text{ième}}$ , et les angles  $\theta$  étant exprimés en radians.
4. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les sources  
électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs à rayonnement direct.
- 25 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les haut-parleurs sont équipés de membranes essentiellement rectangulaires.
6. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les sources  
électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs rayonnant au travers de guides d'ondes.
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque guide d'ondes rayonne par un  
30 orifice essentiellement rectangulaire et tel que la vitesse acoustique particulière est à tout instant essentiellement la même en tout point de l'orifice de rayonnement.
8. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les sources  
électroacoustiques (1) sont des groupes de haut-parleurs.
9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les haut-parleurs d'un même groupe  
35 sont voisins, situés dans un même plan, et assemblés de telle sorte que le groupe rayonne essentiellement comme le ferait un piston rectangulaire dans la bande de fréquence considérée.

## Revendications

1. Dispositif de sonorisation permettant une couverture sonore homogène sur une zone à sonorer, comprenant un réseau de sources électroacoustiques (1), chaque source électroacoustique (1) diffusant une version retardée par un retard (3), filtrée par un filtre (4), et amplifiée par un amplificateur (5) du signal d'entrée du dispositif, caractérisé en ce que ledit réseau est essentiellement rectiligne et vertical, en ce que les angles  $\theta$  formés par les axes d'émission des sources électroacoustiques (1) et la normale au réseau sont tels que  $\theta_n > \theta_{n-1}$ , où  $n$  est l'indice des sources électroacoustiques (1) numérotées dans l'ordre croissant du haut vers le bas du dispositif, et en ce que les retards (3) coopèrent avec les angles  $\theta$  de sorte que le dispositif génère un front d'ondes (6) de la forme correspondant à la couverture sonore voulue de la zone à sonorer.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les angles d'inclinaison  $\theta$  des sources électroacoustiques (1) sont choisis de telle sorte que pour chacune des sources électroacoustiques (1), la distance séparant le centre de ladite source électroacoustique du point d'intersection entre l'axe d'émission de ladite source électroacoustique et le front d'onde voulu soit minimale.
3. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les retards (3) valent essentiellement  $R_n = a_n / c \cdot \sin((\theta_n + \theta_{n-1})/2)$  pour  $n > 1$ ,  $R_n$  étant le retard (en secondes) associé à la  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique,  $R_1$  étant quelconque,  $a_n$  étant la distance (en mètres) séparant le centre de la  $n^{\text{ième}}$  source électroacoustique du centre de la  $(n-1)^{\text{ième}}$ ,  $c$  étant la célérité du son en m/s et les angles  $\theta$  étant exprimés en radians.
4. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs à rayonnement direct.
5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que les haut-parleurs sont équipés de membranes essentiellement rectangulaires.
6. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont des haut-parleurs rayonnant au travers de guides d'ondes.
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que chaque guide d'ondes rayonne par un orifice essentiellement rectangulaire et tel que la vitesse acoustique particulière est à tout instant essentiellement la même en tout point de l'orifice de rayonnement.
8. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont des groupes de haut-parleurs.
9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les haut-parleurs d'un même groupe sont voisins, situés dans un même plan, et assemblés de telle sorte que le groupe rayonne essentiellement comme le ferait un piston rectangulaire dans la bande de fréquence considérée.

10. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont fixées sur une même enceinte (2).
11. Dispositif selon l'une au moins des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que les sources électroacoustiques (1) sont fixées à des enceintes reliées mécaniquement entre elles.

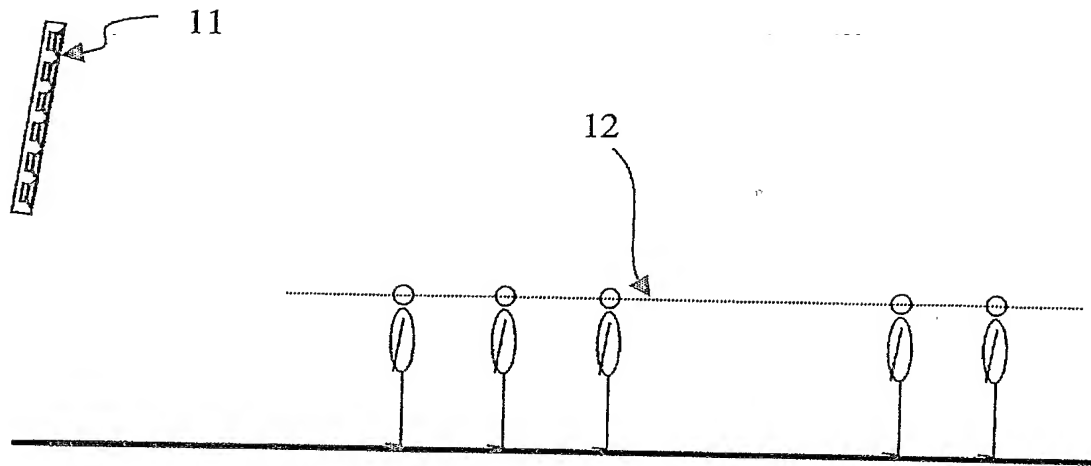


Figure 1

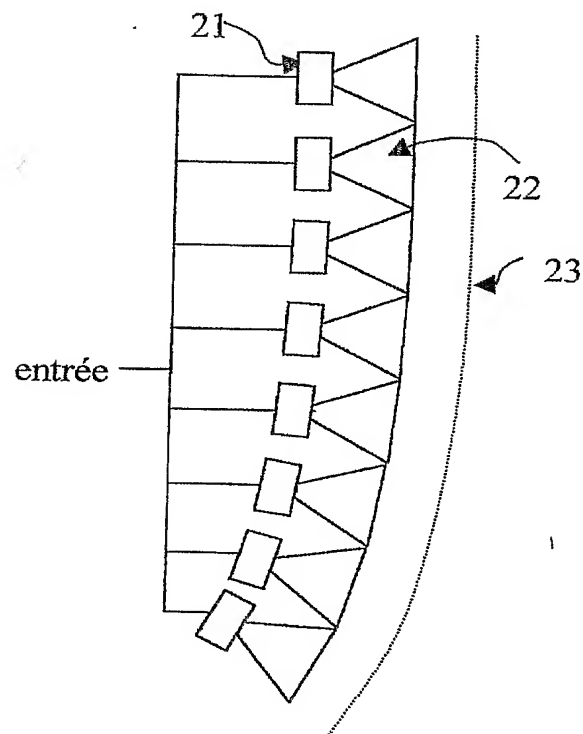


Figure 2



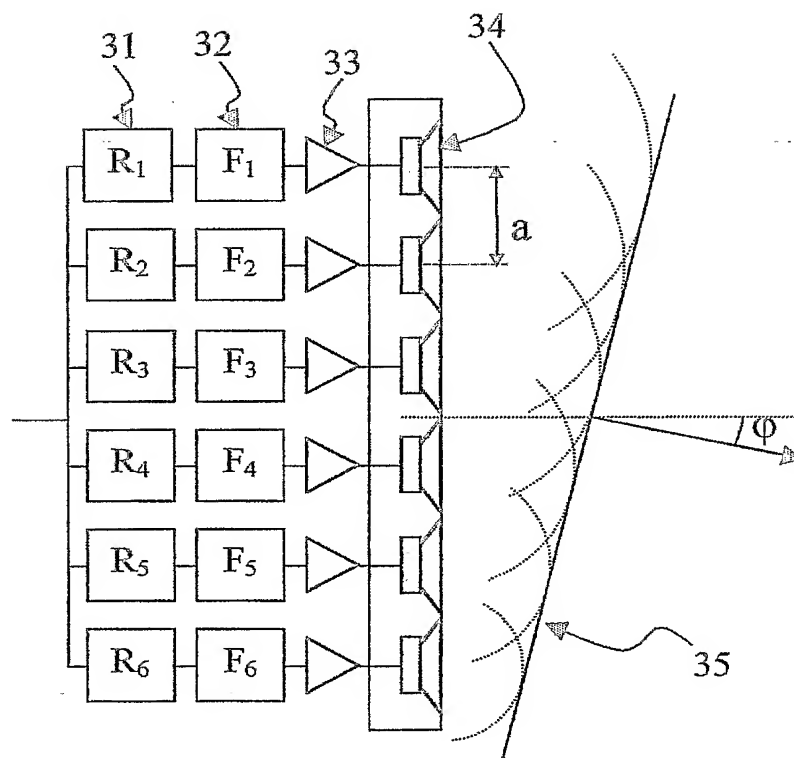


Figure 3

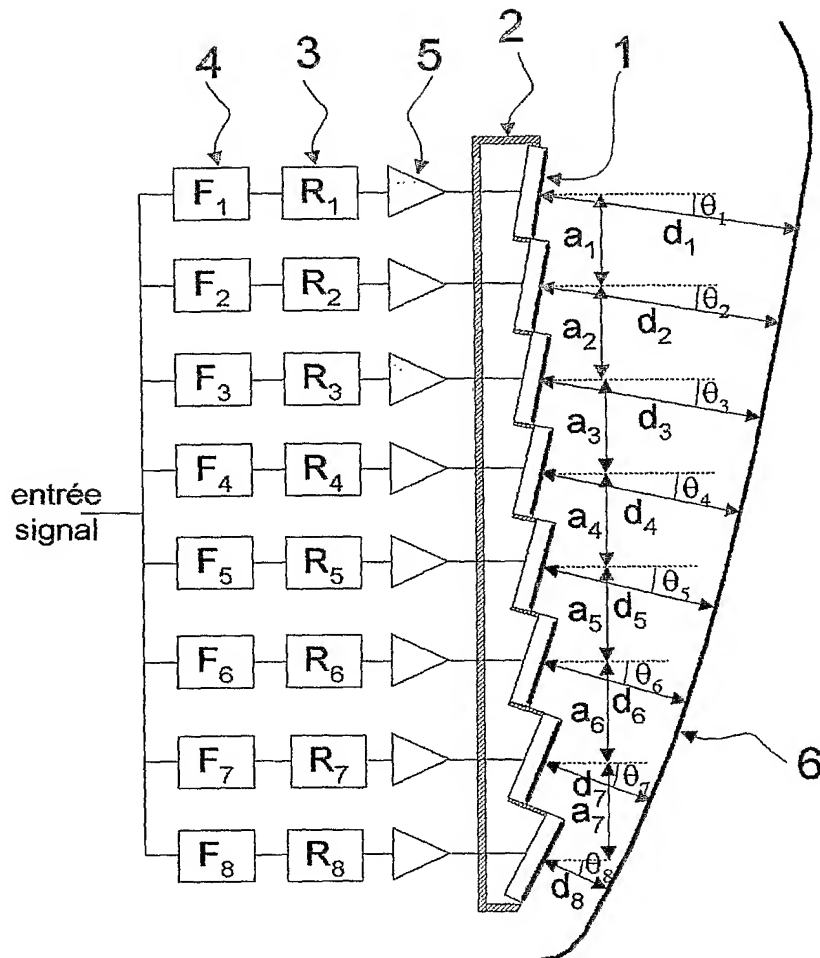


Figure 4

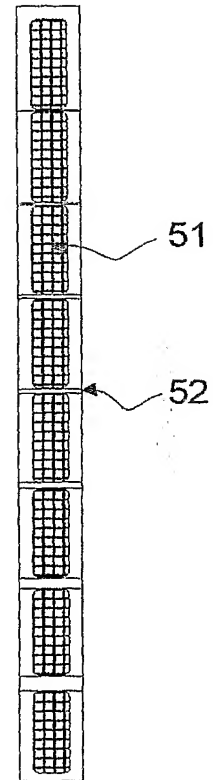


Figure 5

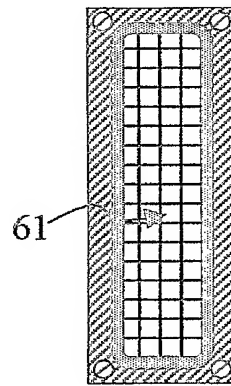


Figure 6

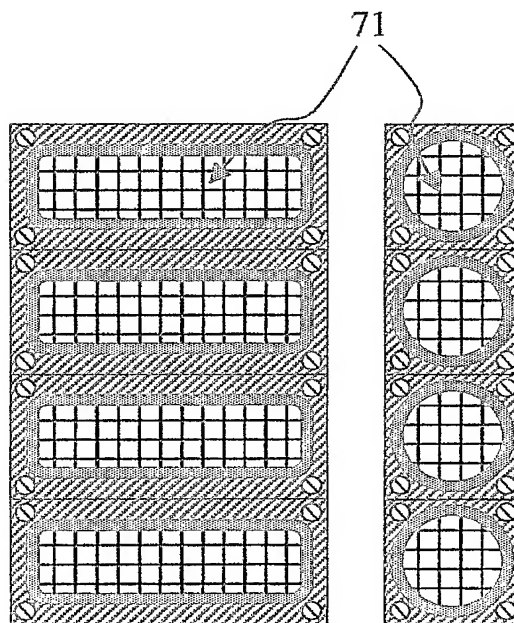


Figure 7

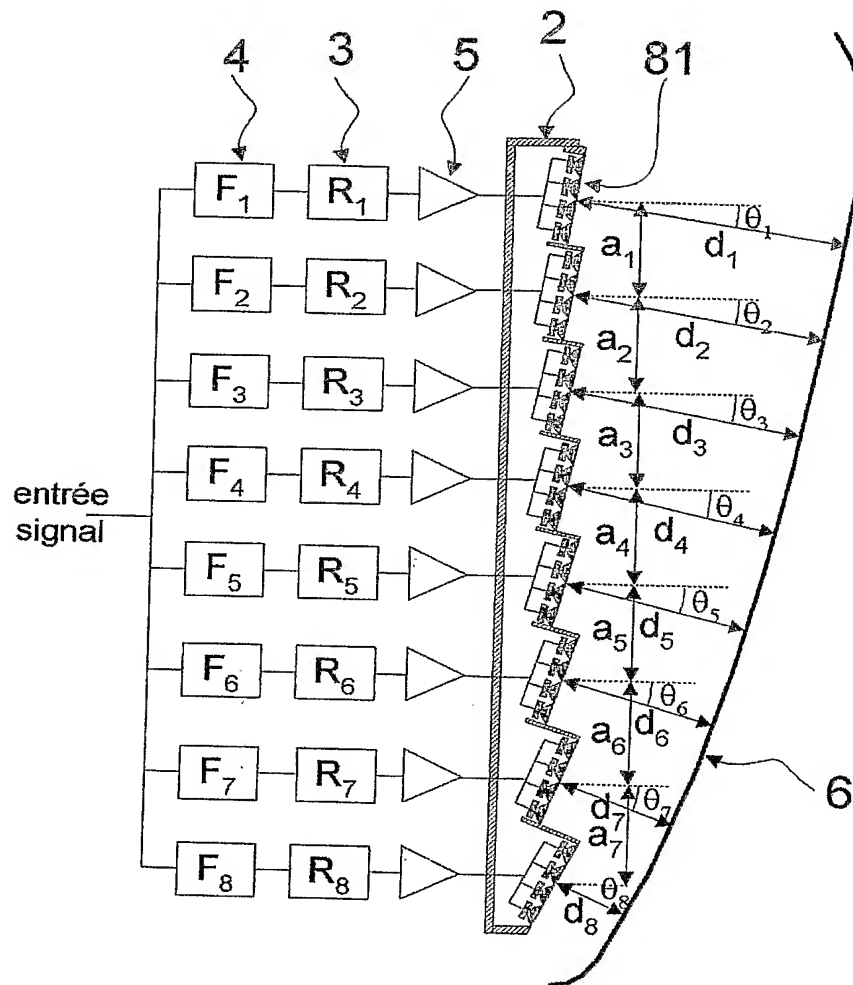


Figure 8

